

صص ۹۱-۱۱۰

## تحلیل الگوهای همدیدی منجر به ناهنجاری دمایی و تغییرات دمایی دوره گرم در سه دهه اخیر در منطقه غرب و شمال غرب ایران

### آنوش گرمی میرعزیزی

دانشجوی دکتری تخصصی آب و هواشناسی، واحد علوم تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

### آزاده اربابی سبزواری\*

دانشیار گروه جغرافیا، واحد اسلامشهر، دانشگاه آزاد اسلامی، اسلامشهر، ایران

### قاسم عزیزی

استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۲/۱۸

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۰/۱۲

### چکیده

تغییرات اقلیمی و گرمایش جهانی یکی از چالش‌های پیش روی جامعه بشری است؛ هرگونه تغییری در دمای محیط می‌تواند زیست و فعالیت همه عناصر جاندار را بر روی سیاره زمین متأثر سازد. منطقه غرب و شمال غرب از زیستگاه‌های بسیار با اهمیت کشور ایران است. برای شناسایی این تغییرات در منطقه مطالعاتی ابتدا داده‌های ۳۱ ایستگاه همدید از سایت مرکز هواشناسی اخذ و داده‌های دمای روزانه دوره گرم سال برای بازه زمانی ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸ مرتب‌شده‌اند. با توجه به تنوع اقلیمی و عرض جغرافیایی منطقه مطالعاتی و ایجاد یک همسانی نسبی دوره گرم سال در این منطقه ماه‌های جون تا سپتامبر انتخاب شده است. برای آشکارسازی تغییر اقلیم از نرم‌افزار آشکارسازی تغییر اقلیم استفاده گردید. با استفاده از شاخص نمره استاندارد z ناهنجاری‌های دمایی مشخص شد. معیار انتخاب نهایی ناهنجاری‌های ایستگاهی فراوانی بالای ۵۰ درصد در ایستگاه‌های مورد مطالعه بوده است. در نهایت ۱۳۹ روز در دوره گرم دارای شرایط ناهنجار بوده‌اند. برای شناسایی الگوهای همدیدی در روزهای همراه با ناهنجاری داده‌های تراز دریا با استفاده از ماتریسی به ابعاد  $139 \times 253$  که ۶ عامل ۹۵,۲۰ درصد از رفتار اقلیمی ۴ ماه گرم سال را توجیه می‌کرد. نتایج نشان داد که ۵ الگوی کلی کنترل‌کننده اقلیم منطقه در سال‌های ناهنجار می‌باشد. در این میان دو الگو همراه با فرا رفت گرم و باعث افزایش دما در تمام یا بخشی از منطقه شده و در سه الگو نیز شرایط همدیدی منجر به فرا رفت سرد و باعث خنک شدن هوای منطقه شده است. در الگوهای فرا رفت سرد عموماً ترکیبی از دو سامانه واچرخند مهاجر و ناوه شرق اروپا نقش فرا رفت سرد عرض‌های جنب قطبی را بر روی شمال غرب و غرب ایران بر عهده‌دارند. ولی در الگوهای همدیدی گرم در لایه زیرین کم‌فشار حرارتی عربستان و در لایه‌های بالایی پشته واچرخند عربستان نقش فرا رفت گرم عرض‌های جنوبی باعث افزایش دما بر روی منطقه بوده‌اند.

واژگان کلیدی: همدید، تغییر اقلیم، ناهنجاری دمایی، شمال غرب، غرب.

## مقدمه

جو زمین از عناصر متفاوتی تشکیل شده است که هر کدام نقش تعیین کننده‌ای در رفتار و عملکرد عناصر جاندار روی سیاره زمین دارند. نقش برخی عناصر جوی در این میان برای انسان‌ها محسوس‌تر و بااهمیت‌تر است. همه عناصر زنده روی سیاره زمین بشدت از دمای محیط متأثر می‌شوند. بنابراین در طول زمان یا خود را با آن منطبق می‌نمایند. و یا در صورت توان دست به مهاجرت می‌زنند. بنابراین وقتی عنصر جاندار با یک شرایط دمایی همسازی را شروع کرد هرگونه تغییری در دمای محیط می‌تواند زیست و فعالیت روزمره او را دچار تنش نماید. لذا جاندار باید تلاش نماید خود را با شرایط جدید همساز نماید. گاه این همسازی میسر نمی‌شود و گاه جاندار برای ایجاد سازگاری باید دچار آسیب گردد. بنابراین هرگونه تغییری در عنصر دمایی برای انسان و سایر جانداران اطراف او مهم و حیاتی است. هدف این پژوهش بررسی تغییرات دوره‌ای دما در منطقه غرب و شمال غرب کشور است. همچنین تلاش شده است الگوهای همدیدی غالب که به‌طور ادواری باعث بر هم خوردن شرایط معمول جوی شده یا به‌عبارت‌دیگر باعث نابهنجاری دمایی شده و در نتیجه در برخی سال‌ها هوا گرم‌تر از شرایط معمول و یا خنک‌تر از شرایط معمول می‌گردد شناسایی و معرفی گردد. بنابراین در این پژوهش دو هدف کلی دنبال شده است. در بخش اول پژوهش منظور تغییرات دمایی ایجادشده در سه دهه اخیر بوده است. تا بتوان میزان و پهنه تغییرات در منطقه مشخص شود. در بخش دوم هدف شناسایی نابهنجاری‌های دمایی که در سه دهه اخیر بوده است. در این بخش بعد از شناسایی روزهایی نابهنجار الگوهای همدیدی در این روزهای نابهنجار شناسایی و تحلیل شده است. در این زمینه مطالعات زیادی انجام شده است که ابتدا به‌مرور این منابع و معرفی نتایج این پژوهش‌ها پرداخته شده است. افزایش ناهنجاری‌های دمایی تأثیر قابل‌توجهی در فعالیت‌های اقتصادی و اجتماعی، مصرف برق و آب و ایجاد آتش‌سوزی در جنگل‌ها، تلفات محصول و هزینه‌های مربوط به گرما دارد (Valor et al. 2001; Peng et al. 2004; Coumou and Rahmstorf 2012; Zhao et al. 2016). آژانس ملی هوانوردی و فضایی (ناسا) با اندازه‌گیری دمای سطح زمین ضمن اشاره به اینکه در بین سال‌های ۲۰۱۰-۲۰۲۰ میانگین دمای کره زمین ۱۴٫۷ تثبیت شده تأکید گردیده است، این ارقام از میانگین قرن بیستم ۰٫۸ درجه بیشتر هست (Susskind et al. 2019). در مطالعات دمایی، دماهای حداکثر در برخی رخدادها تأثیر چشمگیرتری دارد. از جمله رخدادها می‌توان به وقوع امواج گرم، صعودهای همرفتی، وزش بادهای شدید، تشکیل و حرکت هاریکنها و طیف وسیعی از فعالیت‌های انسانی و فرآیندهای زیستی اشاره کرد (مجرد و بساطی، ۱۳۹۳: ۱۳۰). واکاوی دمای حداکثری همچنین می‌تواند راهکاری بهنجار جهت بررسی نوسانات و ردیابی تغییرات اقلیم باشد. در مطالعات محیطی، اغلب با مشاهداتی سر و کار داریم که مستقل از یکدیگر نبوده و وابستگی آن‌ها با یکدیگر ناشی از موقعیت و مکان قرار گرفتن مشاهدات در فضای مورد مطالعه هست این مشاهدات داده‌های فضایی نامیده می‌شوند (Moller, 2008). پژوهش‌هایی که افزایش دما را کانون توجه خود قرار می‌دهند؛ روزه‌روز در حال افزایش است که از جمله می‌توان به پژوهش‌های (Founda et al, 2004; Burns et al, 2007; El Kenawy et al, 2012; Sonali and Nagesh Kumar, 2013) اشاره کرد. پانل بین دول تغییر اقلیم (IPCC) در سال ۱۹۸۸ میلادی توسط سازمان هواشناسی

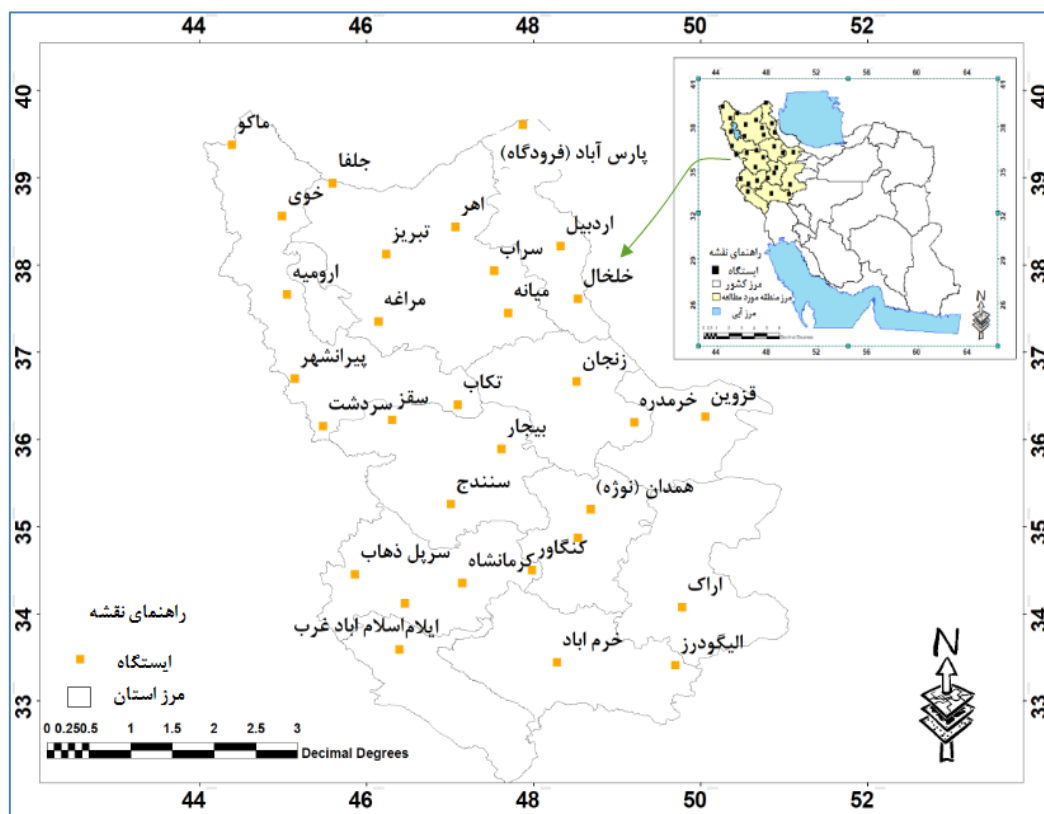
جهانی (WMO) و برنامه محیط‌زیست سازمان ملل (UNEP) تأسیس شد. مأموریت اصلی پانل بین دول تغییر اقلیم، ارزیابی ریسک تغییرات آب و هوایی بوده است. IPCC به تهیه گزارش‌هایی بر مبنای سایر منابع مطالعاتی و پژوهشی می‌پردازد که بتواند راهگشای سیاست‌گذاری کلان در سطح بین‌المللی در زمینه کاهش مخاطرات محتمل تغییر اقلیم شود. تغییر اقلیم به آرامی در حال گسترش به سراسر کره زمین است و تأثیر آن بر منابع آب، کشاورزی و پارامترهای اقلیمی در مقیاس منطقه‌ای است (بابائیان و همکاران، ۱۳۸۸؛ ۱۳۶). تغییرات اقلیمی یکی از ویژگی‌های طبیعی چرخه اتمسفری می‌باشد که بر اثر ناهنجاری‌ها و یا نوساناتی در روند پارامترهای هواشناسی، از جمله بارندگی و دما حاصل می‌شود. دما یکی از مهم‌ترین متغیرهای آب‌وهوایی است که تغییر آن منشأ بسیاری از تغییرات زیست‌محیطی است. آثار تغییرات دما در زندگی انسان‌ها و حتی موجودات دیگر، انسان را با دغدغه دیگری در این دنیای واقعی مواجه کرده است که سبب‌ساز شکل‌گیری پژوهش‌های زیادی در این رابطه شده است. به طوری که مطالعات صورت گرفته در رابطه با این عنصر حاکی از عدم تغییر یکسان دمایی در همه نقاط جهان است یعنی شدت و زمان افزایش دما در همه جا یکسان نیست (طاووسی و همکاران، ۱۳۸۹). در زمینه اقلیم و تغییرات اقلیمی مطالعات مختلفی صورت گرفته است. بسیاری از این مطالعات در حیطه تحلیل رفتار بلند مدت بارش، دما و تغییرات آن‌ها در ارتباط با روند افزایش متوسط دمای جهانی و منطقه‌ای صورت گرفته است و روش‌های آماری پارامتریک و نا پارامتریک مورد استفاده قرار گرفته است (Marengo and Camargo, 2008). جدیدترین مطالعات که مربوط به سال ۲۰۲۰ می‌باشد به بررسی ناهنجاری‌های دمایی بالا و ارتباط آن با گردش عمومی جو پرداختند و نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که بیشترین ناهنجاری‌های دمایی در محدوده شبه‌جزیره عربستان رخ داده است و این افزایش ناهنجاری سبب ایجاد جو باروتروپیک و فرونشست هوا در این منطقه باشد (Hu and Huang, 2020:261). در کشور ایران نیز به دنبال طرح جدی مسئله تغییر اقلیم ناشی از فعالیت‌های بشر، ضرورت مطالعاتی در این زمینه در کشور بیش از پیش احساس شد. در این راستا در اواسط دهه ۷۰ شمسی، مطالعاتی به منظور آشنایی با مفاهیم اصلی تغییر اقلیم انجام پذیرفته است (نوریان ۱۳۸۷، عسگری ۱۳۸۶، رحیم زاده ۱۳۸۳). عزیزی در کتاب خود تحت عنوان تغییر اقلیم، اشاره به دمای هوا به عنوان مؤلفه اصلی این تغییرات و روند تغییرات دما برای خشکی و اقیانوس‌ها برای ۱۴۰ سال گذشته که حدود ۰.۵ درجه سانتی‌گراد در قرن گذشته بوده است، می‌کند (عزیزی، ۱۳۸۳). ابراهیمی و همکاران، در بررسی تغییر اقلیم در دشت مشهد به مطالعه تغییر اقلیم و گرم شدن کره زمین و تغییرات درجه حرارت در طول دوره‌های آماری دراز مدت پرداختند. در پژوهش مذکور روند تغییرات درجه حرارت با روش رگرسیون، بین دمای هوا و زمان وقوع و روش من کندال و لتن مایر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج پژوهش نشان داد که روند تغییرات در آغاز ماه‌ها مثبت و افزایشی بوده و می‌توان از این تغییرات به عنوان نمایه‌ای از تغییر اقلیم نام برد (ابراهیمی و همکاران، ۱۳۸۴). عزیزی و همکاران نیز با داده‌های ماهانه ۱۶ متغیر اقلیمی، در دو گروه متغیرهای دما و رطوبت طی دوره ۵۰ ساله مبتنی بر تحلیل آماری چند متغیره و مدل‌های پیش‌بینی باکس جنکینز، به بررسی تغییر اقلیم پرداختند. با توجه به محاسبه‌های صورت گرفته بر روی داده‌ها، متغیرهای دمایی به‌ویژه میانگین حداقل دما، حداقل مطلق و دمای نقطه شبنم دارای روند تغییرات معنی‌دار ولی با جهت‌های

متفاوت بودند. درحالی که داده‌های رطوبت و بارش غالباً از روند تغییرات معنی‌داری برخوردار نیستند (عزیزی و همکاران، ۱۳۷۸). عزیزی و همکاران، در پژوهشی به شناسایی الگوهای همیدی مؤثر در شکل‌گیری ناهنجاری‌های دمایی ایران و اروپا پرداختند و نتایج کار ایشان نشان داد که چهار حالت مختلف دمایی (سرد، گرم هماهنگ و دوره‌های سرد و گرم مخالف) بین ایران و اروپا مشاهده می‌شود. همچنین از لحاظ همیدی در دوره سرد شکل‌گیری سامانه بندالی و پشته قوی روی اروپا و اطلس سبب وقوع دمای حداقل فرین در ایستگاه‌های ایران می‌شود و در دوره گرم تقویت و تغییر در موقعیت پرفشار جنب‌حاره‌ای عامل اصلی ثبت دماهای فرین حداکثر شده است (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۴). شاهکویی و همکاران، در پژوهشی ناهنجاری‌های دمایی دوره سرد سال در استان مازندران را مطالعه کرد و نتایج نشان داد فراوانی ناهنجاری‌های دمایی در ایستگاه‌های مختلف استان تفاوت قابل ملاحظه‌ای نشان نمی‌دهد این موضوع حاکی از آن است که ناهنجاری‌های دمایی در مقیاس کلان توسط عوامل آب‌وهوایی خارج از مقیاس محلی کنترل می‌شوند. با این وجود به‌صورت جزئی تکرار ناهنجاری‌ها به‌ویژه در دماهای بیشینه در ایستگاه‌های کوهستانی بیشتر از ایستگاه‌های ساحلی و جلگه‌ای استان بوده است (شاهکویی و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۰۷). هدف اصلی این پژوهش آزمون ناهنجاری دماهای تابستانه در منطقه شمال غرب و غرب ایران است. بدین منظور ناهنجاری‌های دمایی ماه‌های گرم سال در منطقه شمال غرب به‌صورت دهه‌ای مورد تحلیل آماری - همیدی قرار گرفته است و الگوهای غالب در ماه‌های گرم منطقه معرفی شده است.

## داده‌ها و روش‌ها

فصل تابستان یا دوره گرم سال در ایران عموماً باثبات اقلیمی و یکنواختی در پدیده‌های جوی شناخته می‌شود. ولی گاه ممکن است تغییرات جهانی این نظم را بر هم زده و توده‌های هوایی با منشأهای متفاوت وارد منطقه شده و نظم و یکنواختی معمول را بر هم بزنند. درعین حال تنوع در عرض جغرافیایی، موقعیت، ارتفاع و امتداد رشته‌کوه‌های ایران به‌ویژه زاگرس برای غرب و شمال غرب ایران نقش مهمی در هدایت، تشدید و تعدیل جریان‌های هوا اعم از گرم و سرد از بیرون از مرزها به داخل کشور دارند. ویژگی‌های یادشده سبب می‌شوند جریان‌های گرم و سرد در عبور از این موانع، یکدستی خود را از دست بدهند. به همین دلیل گاه است در بخشی از منطقه درحالی که با یک موج گرمایی مواجه می‌باشد. در بخش دیگر آن شرایط دمایی معمول خود را داشته باشد. برای شناسایی این تنوع ابتدا تغییرات دهه‌ای دما در یک دوره آماری ۳۰ ساله بررسی شده است. تا روند افزایشی یا کاهش دما آشکار شود. همین‌طور برای شناسایی نقشه توده‌های هوایی در ایجاد ناهنجاری‌های دمایی در دوره گرم سال پس از شناسایی روزهای ناهنجار الگوهای همیدی منجر به گرم شدن یک‌باره یا خنک شدن هوا در منطقه شناسایی و معرفی شده است. برای نیل به این هدف داده‌های جوی ۳۱ ایستگاه از ایستگاه‌های سینوپتیک شمال غرب تا غرب ایران استفاده شده است. سرزمین مورد مطالعه بین عرض جغرافیایی ۳۹ درجه و ۲۸ دقیقه تا ۳۰ درجه و ۳۳ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۴ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۴۸ درجه و ۳۰ دقیقه قرار دارد. این منطقه از سمت غرب

به کشور عراق و ترکیه، و از سمت شمال به کشورهای آذربایجان و ارمنستان و از طرف شرق به دیگر استان‌های داخلی ایران محدود شده است. (شکل ۱)



مأخذ: نگارندگان

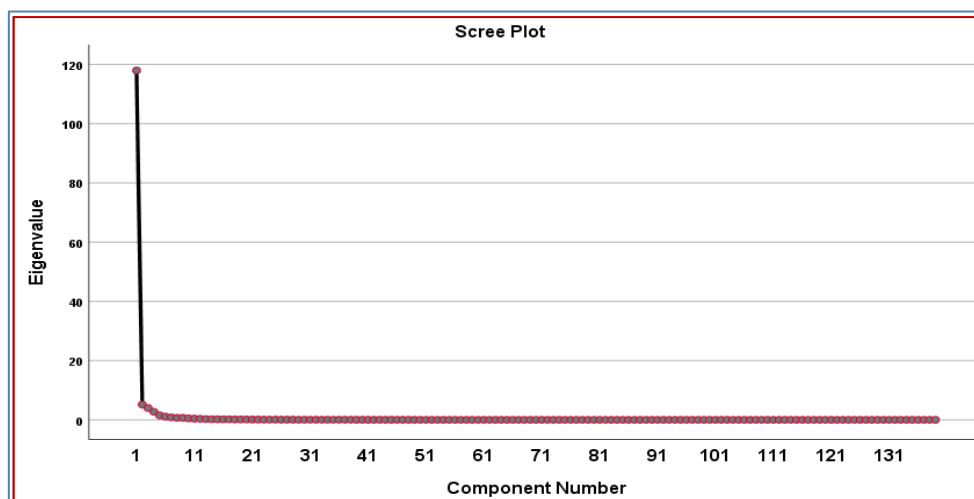
شکل ۱: موقعیت منطقه و ایستگاه‌های شمال غرب و غرب ایران

برای ایجاد یک پایگاه داده با پایه آماری یکسان داده‌ها برای دوره آماری ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸ مرتب شده‌اند. در این پژوهش، پس از جمع‌آوری داده‌های دمای حداکثر و حداقل‌های روزانه، به بازسازی داده‌های ناقص پرداخته شد. با توجه به توصیه‌های سازمان جهانی هواشناسی (گزارش ۱۱۸۶، ۲۰۰۳) مبنی بر عدم بازسازی بیش از حد داده‌ها (بیش از ۱۰٪)، ضمن توجه به این مهم، بررسی داده‌های خلاً نشان داد که در میان ایستگاه‌های مورد مطالعه، تنها متغیر دمای حداکثر تعداد محدودی از ایستگاه‌ها، از مقدار مجاز تحدی کرده و در سایر ایستگاه‌ها این میزان بسیار کم بود؛ در ادامه، با استفاده از میانگین بلند مدت روزانه هر یک از ایستگاه‌ها اقدام به بازسازی داده‌های خلاً گردید. سپس به بررسی نرمال و همگن بودن داده‌ها پرداخته شد. جهت بررسی نرمال بودن داده‌های ایستگاه‌های مورد مطالعه، از آزمون اندرسون دارلینگ در محیط نرم‌افزار Minitab استفاده گردید. هدف مطالعه حاضر بررسی ناهنجاری‌های دمایی دوره گرم سال بود. و با توجه به این که دوره گرم سال در قسمت‌های مختلف کشور مفهوم متفاوتی دارد، ابتدا اقدام به تعیین دوره گرم سال کردیم. دوره گرم سال در این منطقه و ایران با توجه به مطالعات (قلی پور و همکاران، ۱۳۹۵) و (صداقت و نظری پور، ۱۳۹۷)، شامل ماه‌های جون،

جولای، اوت و سپتامبر برای آشکارسازی تغییر اقلیم از نرم‌افزار آشکارسازی تغییر اقلیم که توسط (سازمان هواشناسی کشور) ارائه و استفاده شده است. دوره آماری مورد مطالعه به سه دوره آماری ده ساله تقسیم‌بندی شده است و تغییرات این سه دوره آماری برای هر چهار ماه دوره گرم محاسبه شد. و سپس این داده‌ها در محیط ArcGIS 10.4 تبدیل به نقشه پهنه گردید. در بخش شناسایی الگوی غالب همدیدی، پس از قرار دادن داده‌ها در کنار هم برای هرماه در هر ایستگاه ابتدا میانگین بلندمدت آن ماه در طول دوره (۱۹۸۹-۲۰۱۸) محاسبه گردید. و سپس با استفاده از الگوی مقادیر دمای چهار ماه در هر ایستگاه به صورت مقدار استاندارد شده شاخص Z توسط رابطه ۱ تبدیل گردید با توجه به مطالعات (عزیزی و همکاران، ۱۳۹۴) و (حیدری و خوش‌اخلاق، ۱۳۹۶):

$$Z = \frac{(x - \bar{x})}{s} \quad \text{رابطه ۱}$$

Z مقدار استاندارد شده دمای ماهانه،  $\bar{X}$  و X به ترتیب متوسط دمای هرماه و دمای هرروز موردنظر در طول دوره آماری و S مقادیر انحراف معیار ماه مذکور است. جهت تعیین ناهنجاری‌های دمای موردنظر از تابع  $\pm 5$  استفاده شد. معیار انتخاب نهایی ناهنجاری‌های ایستگاهی فراوانی بالای ۵۰ درصد در ایستگاه‌های مورد مطالعه بوده است. به طوری که اگر ناهنجاری مربوطه در ۱۵ ایستگاه و بیشتر تکرار شده باشد به عنوان روز نماینده انتخاب گردید که در نهایت ۱۳۹ روز در این دوره گرم دارای این ویژگی بودند. در مرحله بعد داده‌های تراز فشار دریا با اسکریپت نویسی در محیط نرم‌افزار GRADS به داده‌های عددی تبدیل گردید و ماتریسی به ابعاد  $139 \times 253$  پس از چرخش با آرایه O در محیط SPSS با روش تحلیل عاملی و با روش کواریماکس آنالیز گردید که با توجه به اسکری پلات شکل (۲) عوامل ۱ تا ۶ از درجه اهمیت بالایی برخوردار هستند و جدول (۱) نیز نشان می‌دهد که ۶ عامل ۹۵,۲۰ درصد از رفتار اقلیمی ۴ ماه گرم سال را توجیه می‌کند.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۲: نمودار اسکری پلات برای نمایش ارزش ویژه عامل‌ها

جدول ۱: مقادیر ویژه، درصد واریانس و واریانس تراکمی

مؤلفه	مجموع واریانس تبیین شده								
	نمرات ویژه اولیه			مجموع مربع بارهای استخراج شده			مجموع مربع بارها بعد از چرخش		
	مجموع	درصد واریانس	درصد	مجموع	درصد واریانس	درصد	مجموع	درصد واریانس	درصد
۱	۱۱۷,۹۵	۸۴,۸۵	۸۴,۸۵	۱۱۷,۹	۸۴,۸۵	۸۴,۸	۱۱۷,۸	۸۴,۸۰	۸۴,۸۰۱
۲	۵,۱۶	۳,۷۱	۸۸,۵۷	۵,۱۶	۳,۷۱۲	۸۸,۵	۴,۰۷	۲,۹۳	۸۷,۷۳
۳	۳,۹۷	۲,۸۵	۹۱,۴۲	۳,۹۷	۲,۸۵	۹۱,۴	۳,۵۷	۲,۵۶۸	۹۰,۳۰
۴	۲,۶۹	۱,۹۳	۹۳,۳۶	۲,۶۹	۱,۹۳	۹۳,۳	۳,۴۵	۲,۴۸	۹۲,۷۹
۵	۱,۴۹	۱,۰۷۲	۹۴,۴۴	۱,۴۹	۱,۰۷۲	۹۴,۴	۲,۰۷	۱,۴۹	۹۴,۲۸
۶	۱,۰۶	۰,۷۶	۹۵,۲۰	۱,۰۶	۰,۷۶	۹۵,۲	۱,۲۸	۰,۹۲۴	۹۵,۲۰
۷	۰,۸۵	۰,۶۱	۹۵,۸۲						
۸	۰,۶۹	۰,۴۹	۹۶,۳						
۹	۰,۶۶	۰,۴۷	۹۶,۷						
۱۰	۰,۴۹	۰,۳۵	۹۷,۱۴						
۱۱	۰,۴۱	۰,۳۰	۹۷,۴۴						
۱۲	۰,۳۴	۰,۲۴	۹۷,۶۹						
۱۳	۰,۲۶	۰,۱۹	۹۷,۸۹						

Extraction Method: Principal Component Analysis.

مأخذ: نگارندگان

در نهایت پس از بررسی ۶ عامل، تعداد ۵ الگوی غالب در این منطقه شناسایی شد. نقشه‌های تراز دریا، و تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال با توجه به مطالعات (عساکره و همکاران، ۱۳۹۴: ۳۹) و برای اینکه ناهنجاری‌های دمای سطحی بررسی شود از تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال برای آشکارسازی اغتشاشات زمینی استفاده شده است. الگوهای غالب در ماه‌های گرم منطقه شمال غرب و غرب کشور در محیط GRADS ترسیم و تحلیل گردید.

### یافته‌های پژوهش

#### تغییرات دمایی ماه‌های گرم سال در دوره آماری ۱۹۸۹-۲۰۱۸

در این بخش از پژوهش تغییرات دمایی ماه‌های گرم سال در منطقه غرب و شمال غرب ایران در سه دهه اخیر مورد بررسی و تحلیل قرار گرفته است. در این قسمت تلاش شده است تغییرات دامنه‌های دمایی و همچنین پهنه‌های دمایی هر ماه در مقایسه با ماه‌های قبل و هر دهه مورد مقایسه قرار گیرد.

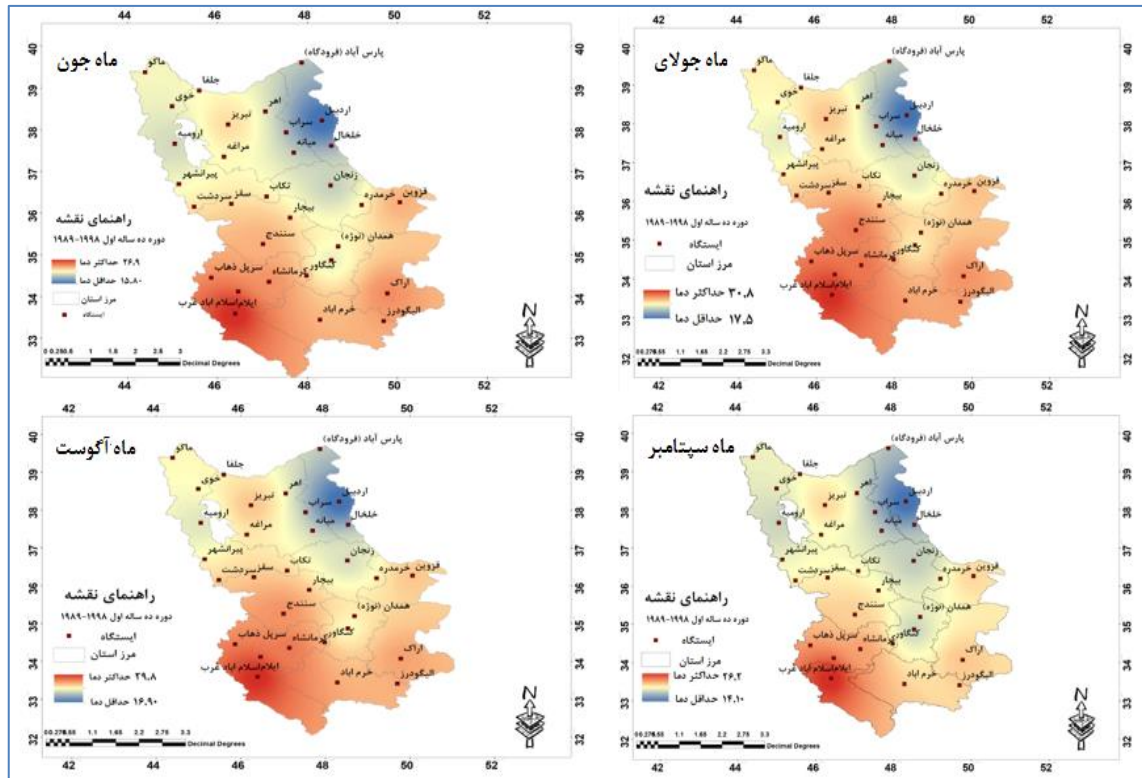
#### دهه اول (۱۹۸۹-۱۹۹۸)

شکل ۳ نقشه‌های پهنه دمایی دهه اول را در چهار ماه گرم سال نشان می‌دهد. با توجه به تغییرات فاحش در عرض جغرافیایی منطقه مطالعاتی نوسانات در دامنه دمایی در جنوب تا شمال منطقه مطالعاتی زیاد است. به طوری که این دامنه

دمایی به بیش از ۱۱ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. درحالی‌که متوسط دمایی در استان ایلام و در ایستگاه‌هایی همچون سرپل ذهاب و اسلام‌آباد غرب به بیش از ۲۶ درجه سانتی‌گراد می‌رسد. به عبارت دیگر تابستان واقعی شروع شده است. ولی در پهنه شمال شرقی منطقه مطالعاتی یعنی در استان اردبیل و ایستگاه‌هایی مانند خلخال، اردبیل و سراب همچنان معدل دمای ماهانه کمتر از ۱۶ درجه سانتی‌گراد است. و منطقه از لحاظ شرایط زیست انسانی خنک تا سرد می‌باشد. و مفهوم تابستان واقعی برای مردم حاصل نشده است.

در ماه جولای دامنه دمایی بین جنوب و شمال منطقه مطالعاتی به‌طور محسوسی افزایش یافته و به ۱۳,۳ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است. در بخش جنوبی یا گرمسیری منطقه دمای متوسط به ۳۰,۸ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است که نسبت به ماه قبل حدود ۴ درجه سانتی‌گراد افزایش نشان می‌دهد. در بخش شمال شرقی یا سردسیری منطقه دمای هوا حدود ۱۷,۵ درجه سانتی‌گراد است. که نسبت به ماه قبل ۱,۷ درجه سانتی‌گراد افزایش نشان می‌دهد. به این ترتیب افزایش دما در بخش گرمسیری نسبت به ماه قبل در مقایسه با منطقه سردسیری بیش از دو برابر بوده است. مسئله دیگر که در این ماه بچشم می‌رسد افزایش پهنه گرمسیری به سمت عرض‌های شمالی است. در صورتی‌که پهنه سردسیری تغییر آن‌چنانی نشان نمی‌دهد. و همچنان بخش شمال شرقی منطقه را در همان پهنه ماه جون در بر گرفته است. در ماه آگوست نوسان دمایی بین جنوب یا بخش گرمسیری منطقه مطالعاتی و منطقه سردسیری به ۱۲,۹ درجه سانتی‌گراد رسیده است. دما در گرم‌ترین ایستگاه جنوبی ۲۹,۸ درجه سانتی‌گراد است. یعنی یک درجه نسبت به ماه قبل کاهش نشان می‌دهد. درحالی‌که در بخش سردسیری دما کمتر از ۱۷ درجه سانتی‌گراد است. با وجود اینکه پهنه پوششی منطقه سردسیری تغییر محسوسی نشان نمی‌دهد. ولی پهنه پوشش بخش سردسیری کاهش نشان می‌دهد. در ماه سپتامبر که آخرین ماه دوره گرم از لحاظ تقویمی می‌باشد. نوسان دمایی بین دو منطقه گرمسیری و سردسیری به هم کمتر شده و به ۱۲,۱ درجه سانتی‌گراد رسیده است. درحالی‌که متوسط دمایی در بخش گرمسیری بیش از ۲۶ درجه سانتی‌گراد است. در منطقه سردسیری دما تا حدود ۱۴ درجه سانتی‌گراد تنزل پیدا کرده است. در یک جمع‌بندی کلی می‌توان گفت در دوره گرم سال بین شمال و جنوب منطقه مطالعاتی که به‌عنوان بخش گرمسیری و سردسیری نام‌گذاری شد دامنه متفاوت دمایی بین ۱۱ تا ۱۳ درجه سانتی‌گراد است. در ماه‌های جولای و اوت این تفاوت بیشتر شده و در ماه‌های جون و سپتامبر کمتر می‌شود.





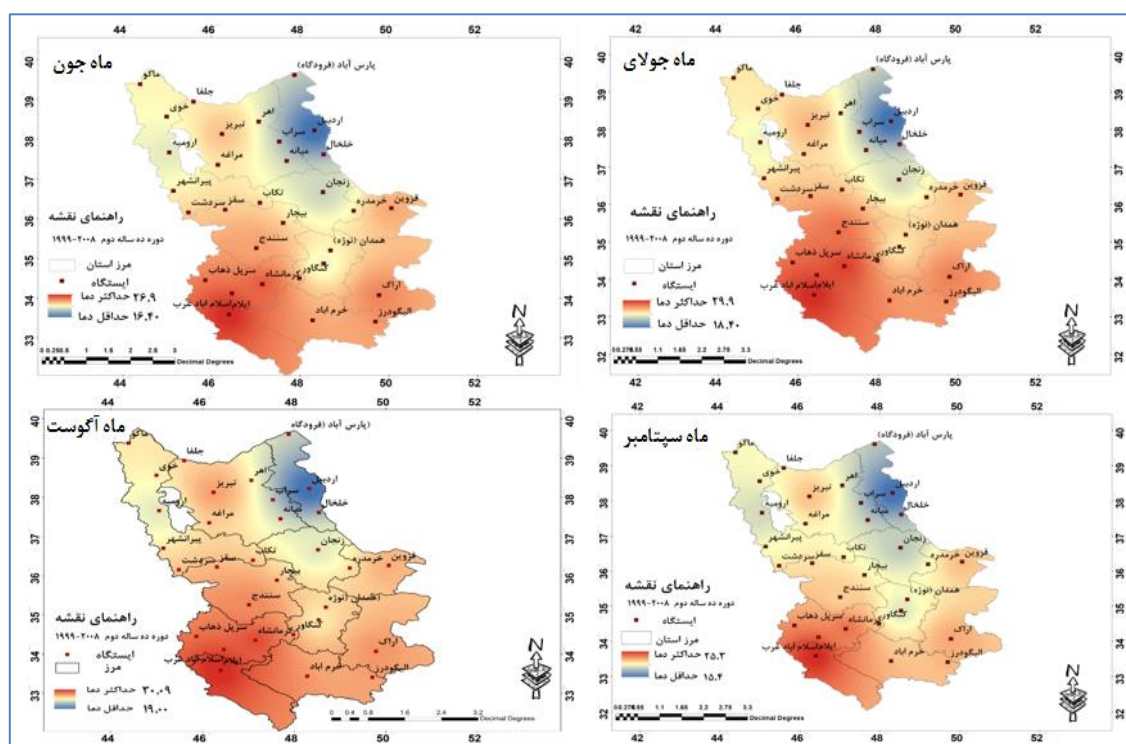
مأخذ: نگارندگان

شکل ۳: تغییرات دمایی در دوره دهساله اول ۱۹۸۹-۱۹۹۸ ماههای گرم سال منطقه مورد مطالعه دهه دوم (۱۹۹۹-۲۰۰۸)

شکل ۴ نقشه‌های پهنه دمایی چهار ماه گرم سال را در دهه دوم نشان می‌دهد. در ماه جون دما در منطقه گرمسیری در گرم‌ترین ایستگاه به ۲۶٫۹ درجه سانتی‌گراد رسیده است که نسبت به دهه اول تغییری را نشان می‌دهد. ولی در منطقه گرمسیری در دهه دوم دما به ۱۶٫۴ درجه سانتی‌گراد رسیده است که نسبت به دهه اول حدود ۰٫۶ درجه سانتی‌گراد افزایش نشان می‌دهد. در ماه جولای دما در منطقه گرمسیری دما به ۲۹٫۹ درجه سانتی‌گراد رسیده است که حتی نسبت به دهه اول حدود ۰٫۹ درجه سانتی‌گراد خنک‌تر شده است. در حالی که در منطقه سردسیری دما به ۱۸٫۴ درجه سانتی‌گراد رسیده است. که در قیاس با دهه اول ۰٫۹ درجه سانتی‌گراد افزایش نشان می‌دهد. در ماه آگوست دما در بخش گرمسیری یعنی در ایستگاه‌های ایلام و اسلام‌آباد غرب دمای هوا به ۳۰٫۱ درجه سانتی‌گراد رسیده است که در مقایسه با دهه اول ۰٫۳ درجه سانتی‌گراد افزایش نشان می‌دهد. این در حالی است که در منطقه سردسیری دما بیش از ۱۹ درجه سانتی‌گراد نیز ثبت شده است که در مقایسه با دهه اول ۲٫۱ درجه سانتی‌گراد افزایش نشان می‌دهد. این مقدار رقم بسیار زیادی است که در منطقه سردسیری اتفاق افتاده است. در ماه سپتامبر دما در بخش گرمسیری در هسته گرم منطقه تا ۲۵٫۲ درجه سانتی‌گراد رسیده است. این دما در مقایسه با دهه اول ۱ درجه سانتی‌گراد کاهش نشان می‌دهد. در مقابل در بخش سردسیری دما در ایستگاه‌هایی مانند اردبیل به ۱۵٫۴ درجه سانتی‌گراد رسیده است. یعنی نسبت به دهه اول ۱٫۳ درجه سانتی‌گراد افزایش داشته است.

### جمع بندی

همان طور که دیده می شود در این دهه نسبت به دهه اول افزایش دما بخصوص در منطقه سردسیری در برخی از ماه ها ۱ درجه سانتی گراد و در ماه آگوست حتی تا ۲ درجه سانتی گراد افزایش یافته است. این مقدار افزایش در منطقه سردسیری مانند اردبیل و استان های شمال غربی که از مناطق بیلاقی و تولید محصولات سردسیری کشور می باشد می تواند زنگ خطری برای اقلیم شناسی منطقه باشد. این پدیده نشان دهنده یک تغییر اقلیم سریع و جهنده در این منطقه از کشور . بخشی که به جمعیت ساکن منطقه بستگی دارد. پرهیز از تخریب محیط زیست، کاربری های نامتوازن و استفاده صحیح از منابع زیستی است.

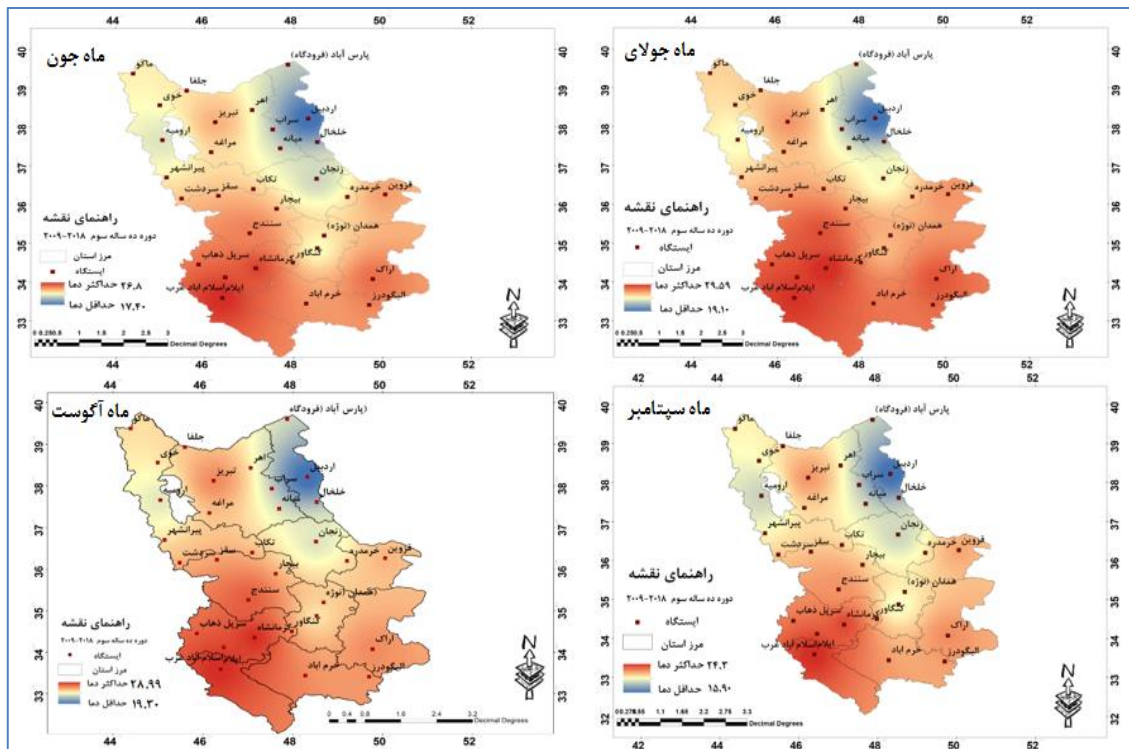


مأخذ: نگارندگان

شکل ۴: تغییرات دمایی در دوره دهساله دوم ۲۰۰۸-۱۹۹۹ ماه های گرم سال منطقه مورد مطالعه دهه سوم (۲۰۰۹-۲۰۱۸)

شکل ۵ نقشه پهنه بندی دمای متوسط ماهانه چهار ماه دوره گرم سال را در منطقه غرب و شمال غرب ایران در دهه سوم نشان می دهد. در ماه ژانویه پهنه گرمسیری منطقه مطالعاتی همچنان بر روی استان ایلام و جنوب غرب منطقه قرار دارد. بالاترین دمای ثبت شده در منطقه گرمسیری ۲۶,۸ درجه سانتی گراد است. که در قیاس با دو دهه قبل تغییر چندانی نشان نمی دهد. پهنه سردسیری نیز همچنان در شمال شرق منطقه و بر روی استان اردبیل قرار دارد. دمای ثبت شده در این بخش ۱۷,۲ درجه سانتی گراد است. که نسبت به دهه اول ۱,۶ درجه سانتی گراد و نسبت به دهه دوم ۱ درجه سانتی گراد افزایش نشان می دهد. در ماه جولای دمای منطقه گرمسیری به ۲۵,۵۹ درجه سانتی گراد رسیده است. این دما نسبت به

دهه اول حدود ۱,۲ درجه سانتی‌گراد کاهش یافته است. در صورتی که نسبت به دهه دوم کاهش جزئی حدود ۰,۳ درجه سانتی‌گراد کاهش نشان می‌دهد. بنابراین در این ماه نیز در منطقه گرمسیری در دهه سوم کاهش دما رخ داده است. در بخش سردسیری دمای ثبت شده ۱۹,۱ درجه سانتی‌گراد بوده است. که نسبت به دهه اول ۱,۶ درجه سانتی‌گراد و نسبت به دهه دوم ۰,۷ درجه سانتی‌گراد افزایش نشان داده است. در نتیجه برعکس بخش گرمسیری در بخش سردسیری افزایش دما رخ داده است.



مأخذ: نگارندگان

### شکل ۵: تغییرات دمایی در دوره دهساله سوم ۲۰۰۹-۲۰۱۸ ماه‌های گرم سال منطقه مورد مطالعه

در ماه آگوست دما در منطقه گرمسیری به ۲۸,۹۹ درجه سانتی‌گراد رسیده است که در مقایسه با دهه قبل ۱,۹ درجه سانتی‌گراد کاهش نشان می‌دهد. این در حالی است که در منطقه سردسیری دما همچنان همانند دهه‌های قبل روند افزایشی را ادامه داده است. بالاترین دمای ثبت شده در منطقه سردسیری به ۱۹,۳ درجه سانتی‌گراد رسیده است. که همچنان نسبت به دهه اول ۲,۴ درجه سانتی‌گراد و نسبت به دهه دوم حدود ۰,۳ درجه سانتی‌گراد افزایش نشان می‌دهد. تغییرات دمایی بین منطقه سردسیری و گرمسیری حدود ۹,۷ درجه سانتی‌گراد است.

در ماه سپتامبر دما نسبت به ماه قبل حدود ۵ درجه سانتی‌گراد کاهش نشان می‌دهد. ولی همچنان در بخش گرمسیری نسبت به دهه‌های قبل کاهش دما دیده می‌شود. در این ماه نیز در بخش گرمسیری منطقه مطالعاتی دما نسبت به دو دهه گذشته کاهشی بوده است. دمای ثبت شده در این دهه ۲۴,۳ درجه سانتی‌گراد بوده است. که نسبت به دهه اول حدود ۲

درجه سانتی‌گراد و نسبت به دهه دوم ۱ درجه سانتی‌گراد کاهش یافته است. ولی در بخش سردسیری برعکس شرایط گرمایش بوده است. به طوری که دمای این بخش نسبت به دهه اول ۱٫۸ درجه سانتی‌گراد و نسبت به دهه دوم حدود ۰٫۵ درجه سانتی‌گراد افزایش نشان می‌دهد.

در مجموع می‌توان گفت در این دهه نیز در تمام ماه‌ها در منطقه سردسیری منطقه مطالعاتی یعنی در استان‌های ایلام لرستان کرمانشاه همدان و بخش‌هایی از کردستان دماهای متوسط روند کاهشی پیدا کرده است. این کاهش دما در ایستگاه‌هایی همچون اسلام‌آباد غرب و ایلام تا حدود ۲ درجه سانتی‌گراد نیز رسیده است. ولی برعکس در بخش سرد سیری منطقه مطالعاتی روند افزایشی دارد و در ایستگاه‌های اردبیل، خلخال در برخی از ماه‌ها تا ۱٫۸ درجه سانتی‌گراد نیز رسیده است. بنابراین با وجود اینکه افزایش یا کاهش یک یا دو درجه سانتی‌گراد در بدو امر رقم قابل توجهی به نظر نرسد. ولی باید توجه داشت که تغییر یک یا دو درجه سانتی‌گراد آن‌هم در یک دوره ده ساله از لحاظ اقلیمی مسئله بسیار حیاتی و مهم است؛ این مقدار افزایش می‌تواند در تبخیر و تعرق پوشش گیاهی، مصارف آب، انرژی و به تدریج در چرخه اقلیمی منطقه بسیار اثرگذار باشد.

**جدول ۲:** مقایسه تغییرات دمایی در هر سه دهه در دوره گرم سال غرب و شمال غرب ایران

دهه	موقعیت	جون	جولای	اوت	سپتامبر
دهه اول	اختلاف بین شمال و جنوب منطقه	۱۱٫۱	۱۳٫۳	۱۲٫۹	۱۲٫۲
	افزایش نسبت به دهه اول در شمال	+۰٫۶	+۰٫۹	+۲٫۱	+۰٫۳
دهه دوم	اختلاف بین شمال و جنوب	۱۰٫۵	۱۱٫۵	۱۱٫۹	۹٫۹
	افزایش نسبت به دهه اول در جنوب	۰٫۰	-۰٫۹	+۱٫۱	-۰٫۹
دهه سوم	افزایش نسبت به دهه دوم در شمال	+۱	+۰٫۷	-۰٫۳	+۰٫۵
	اختلاف بین شمال و جنوب	۹٫۴	۱۰٫۵	۹٫۷	۸٫۴
	افزایش نسبت به دهه دوم در جنوب	-۰٫۱	-۰٫۳۱	-۱٫۹	-۱
کل	افزایش یا کاهش دما در کل سه دهه	شمال: افزایش جنوب: کاهش	شمال: افزایش جنوب: کاهش	شمال: افزایش جنوب: کاهش	شمال: افزایش جنوب: کاهش

مآخذ: نگارندگان

### جمع‌بندی کلی

همان‌طور که جدول ۲ دیده می‌شود، در مجموع در سه دهه گذشته در بخش شمالی منطقه مطالعاتی دما با شیب ملایمی روند افزایشی دارد. بیشترین آن به میزان ۲٫۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد که در دهه دوم نسبت به دهه اول در ماه اوت اتفاق افتاده است. ولی در بخش جنوبی با استثنائاتی در برخی ماه‌ها روند کلی روند کاهشی بوده است. این مقدار اگرچه جزئی و اندک بوده است ولی شیب نزولی بوده است. اختلاف دما به‌طور متوسط بین شمال و جنوب منطقه بین ۱۳ تا ۸ درجه

سانتی‌گراد بوده است. ولی در دهه سوم این اختلاف کمتر شده است. همان‌طور که دیده می‌شود نوسان دمایی که در دهه‌های قبل بیش از ۱۰ درجه سانتی‌گراد بود در دهه اخیر در بسیاری از بخش‌ها به کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد رسیده است. این یعنی این که منطقه گرمسیری در حال خنک شدن نسبی و منطقه سرد سیری با سرعت بیشتری در حال گرم شدن است. این پدیده یعنی گیاهان، و منابع زیستی باید خود را با شرایط اقلیمی جدید انطباق دهند. کارگزاران و پژوهشگران باید تلاش کنند با آماده‌سازی زیرساخت‌ها در عین این که از شتاب این تغییر بکاهند همسازي و انطباق با شرایط اقلیمی جدید را برای جانداران این محیط جغرافیایی آسان‌نمایند.

هرگونه تغییری در اقلیم می‌تواند منجر به ناهنجاری‌های در عناصر سازنده اقلیم باشد. این تغییر در دو عنصر دما و بارش بیش از سایر عناصر جوی رخ می‌دهد. این ناهنجاری‌ها خود در یک بازخورد مجدد می‌تواند تغییر اقلیم را سرعت بخشد. در این بخش از پژوهش با بررسی همدیدی روزهای نابهنجار الگوهای نابهنجار که منجر به گرمایش جو در منطقه شده و دمای نرمال منطقه را به هم زده و یا برعکس با فرا رفت هوای خنک بر روی منطقه دمای نرمال تابستانه را بر هم زده است. تحلیل می‌شود.

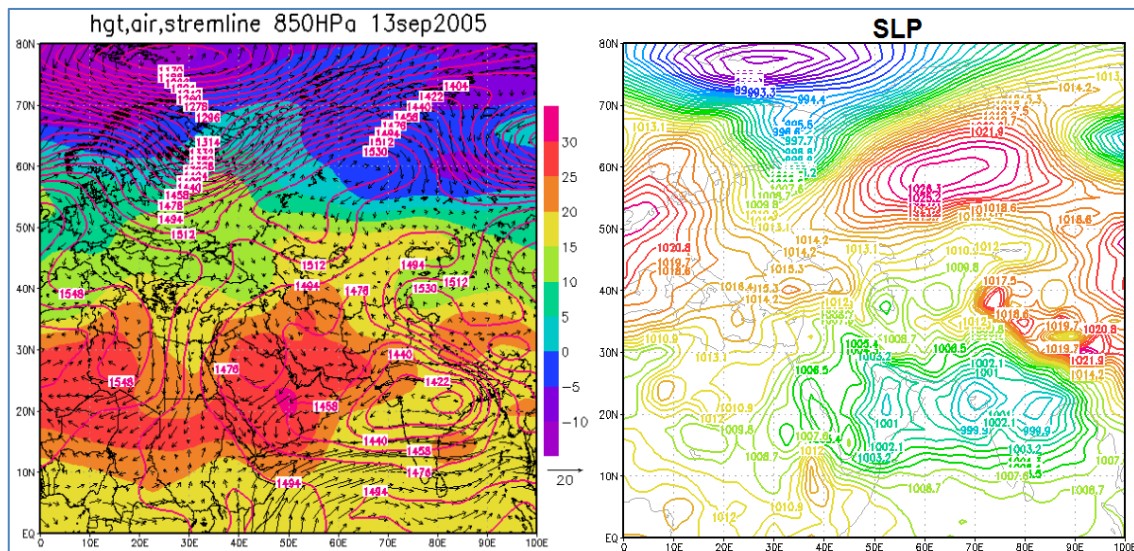
### الگوهای غالب دوره گرم منطقه شمال غرب و غرب کشور

همان‌طور که بیان شد برای شناسایی الگوهای غالب تابستانه را در منطقه مطالعاتی از روش تحلیل عاملی و چسبی استفاده شد. در انطباق نتایج این دو روش در مجموع ۵ الگوی کلی شرایط همدیدی تابستانه منطقه را کنترل می‌کند. از این ۵ الگو در ۳ الگو شرایط همدیدی به‌گونه‌ای است که شرایط دمایی در منطقه رو به خنکی می‌گراید. ولی در ۲ الگو شرایط همدیدی به‌گونه‌ای است که شرایط جوی به گرمی می‌گراید. با توجه به محدودیت حجم مقاله در تحلیل الگوهای همدیدی فقط دو تراز فشاری دریا و ۸۵۰ هکتوپاسکال آورده شده است. به دلیل شباهت کلی الگوها در ترازهای ۷۰۰ و ۵۰۰ هکتوپاسکال در انتهای تحلیل همدیدی تباین‌های موجود در الگوی تراز میانی جو تحلیل شده است.

### پرفشار سیبری - مهاجر - آזור و چرخند اروپایی (نمونه الگوی فرا رفت سرد)

این الگو نمونه‌ای از یک الگوی فرا رفت سرد را در فصل گرم است. شکل ۶ آرایش کلی سامانه‌ها را در این الگو نشان می‌دهد. در این الگو در تراز دریا سه مرکز واچرخندی در یک آرایش امگا شکل در جهات شرقی، شمالی و غرب ایران استقرار دارند. آنچه منطقه غرب و شمال غرب ایران را در تراز دریا تحت تأثیر قرار داده است. زبانه ادغام‌شده دو مرکز واچرخندی شمال دریای مازندران و غرب اروپا می‌باشد. در این الگو زبانه‌ای از سمت شمال غرب با گسترش جنوب سو شمال غرب و غرب ایران را در برگرفته و تا جنوب غرب ایران گسترش یافته است. به دلیل گسترش جنوب سوی تاوه قطبی در میانه دو مرکز واچرخندی جریانات سرد جنب قطبی تا شمال دریای سیاه فرا رفت شده است. این هوای سرد فرا

رفت شده از منطقه جنب قطبی در یک گردش و اچرخندی بر روی منطقه مطالعاتی فرا رفت شده است. نقشه ترکیبی میدان باد و دما و نقشه ارتفاعی نیز این پدیده را به خوبی نشان می دهد.

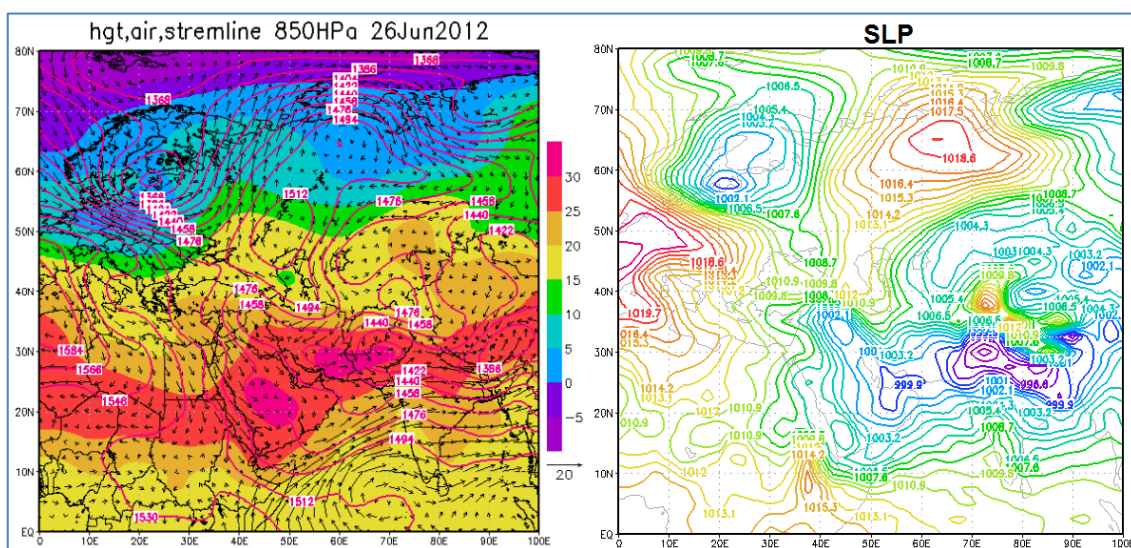


مأخذ: نگارندگان

شکل ۶: فشار تراز دریا و ارتفاع ژئو پتانسیلی، جریان و دما تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال الگوی پرفشار سبیری - مهاجر

### الگوی واچرخند مهاجر - آזור و چرخند اروپایی (نمونه الگوی فرا رفت سرد)

این الگو از لحاظ مکانیسم عملکرد در فرا رفت سرد بر روی منطقه مطالعاتی همانند الگوی شکل ۷ عمل کرده است. ولی به دلیل حضور زبانه های پرفشار تبت بر روی نیمه شرقی ایران و تقویت جریانات سرد در الگوی بالایی هوای فرا رفت شده بر روی منطقه خنک تر از این الگو بوده است. منحنی های هم دمایی نیز مؤید این مثال می باشند.

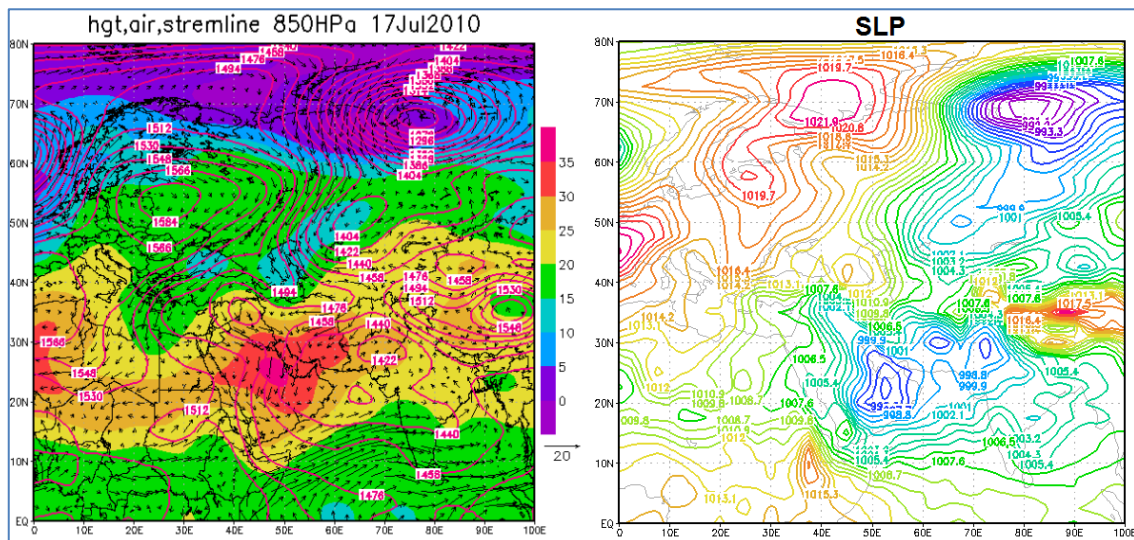


مأخذ: نگارندگان

شکل ۷: فشار تراز دریا و ارتفاع ژئو پتانسیلی، جریان و دما تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال الگوی مهاجر - عربستان و کم ارتفاع اروپایی

### پرفشار مهاجر (نمونه الگوی فرا رفت سرد)

شکل ۸ نمونه یک الگوی فرا رفت سرد است. در این الگو مرکز واپرخندی که واپرخند مهاجر نامیده می‌شود در شمال دریای مازندران استقرار می‌یابد. همان‌طور که آرایش فشاری این الگو بر روی نقشه تراز دریا دیده می‌شود. مرکز واپرخندی با گسترش شمالی - جنوبی تمام پهنه بخش شرقی اروپا را در برمی‌گیرد. هسته اصلی این مرکز واپرخندی در شمال عرض ۷۰ درجه شمالی قرار دارد. در نتیجه با گسترش جنوب سوی این واپرخند هوای سرد جنب قطبی در یک گردش واپرخندی بر روی دریای مازندران و شمال غرب ایران فرا رفت شده و در ادامه تا غرب میانه ایران فرا رفت شده است. تاووم این فرا رفت سرد سبب شده است مرکز واپرخندی فرعی در غرب دریای مازندران و شمال آذربایجان تکوین پیدا کرده و هسته دمایی بر روی این منطقه ایجاد نماید. نقشه ترکیبی دما، میدان باد و توپوگرافی تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال نیز این جریان فرا رفتی سرد را بر روی منطقه تأیید می‌کند.

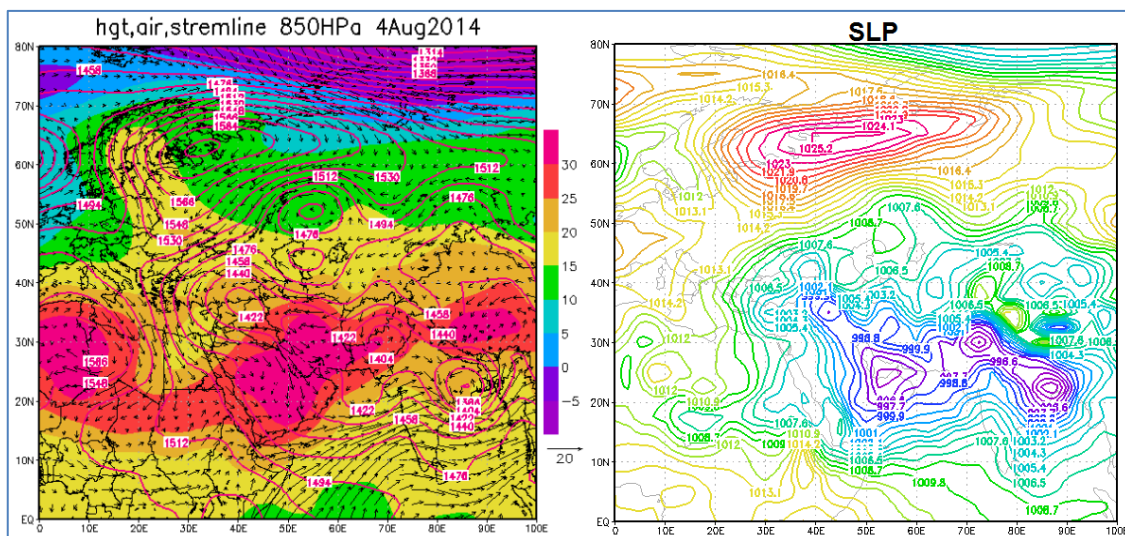


مآخذ: نگارندگان

شکل ۸: فشار تراز دریا و ارتفاع ژئو پتانسیلی، جریان و دما تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال الگوی پرفشار مهاجر

### کم فشار عربستان - پاکستان و پرفشار مهاجر (نمونه الگوی فرا رفت گرم)

این الگو نمایند یک الگوی همدیدی از فرا رفت گرم در منطقه مطالعاتی و افزایش دما در فصل تابستان بر روی منطقه است. همان‌طور که در شکل ۹ دیده می‌شود در این الگو آرایش سامانه‌ها متفاوت از الگوی سامانه‌های سرد می‌باشند. در این الگو دو مرکز چرخندی یکی بر روی بیابان‌های داغ شبه‌جزیره عربستان و دیگری بر روی شمال پاکستان استقرار دارد. زبانه‌های این دو سامانه چرخندی در گسترش شمال سوی خود تمام پهنه کشور ایران و عراق را در بر گرفته و در ادامه تا شمال دریای مازندران و آسیای میانه نیز گسترش پیدا رده است.



مأخذ: نگارندگان

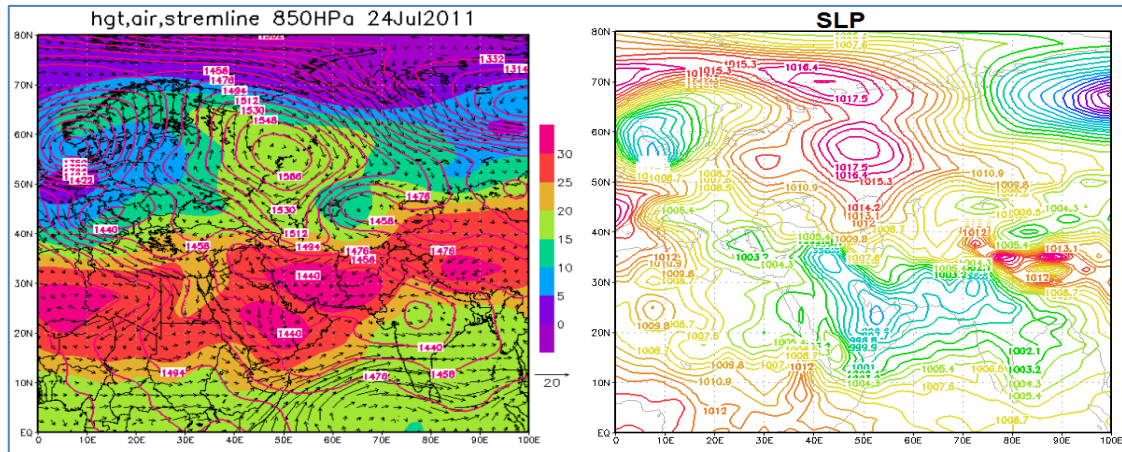
**شکل ۹:** فشار تراز دریا و ارتفاع ژئو پتانسیلی، جریان و دما تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال الگوی کم فشار عربستان و پاکستان

با این الگوی گسترش هوای داغ بیابان‌های شبه‌جزیره عربستان در امتداد زبانه‌های این چرخندی بر روی غرب ایران، عراق و تا شمال غرب ایران فرا رفت شده و دمای هوا را بر روی منطقه افزایش داده است. همان‌طور که نقشه ترکیبی دما و میدان باد نیز نشان می‌دهد جریانات بر روی لایه زیرین جو جنوبی شده و فرا رفت هوای گرم جنوبی را نشان می‌دهد. در این الگو در لایه‌های میانی شرایط ترمودینامیکی متفاوت شده و تمام منطقه مطالعاتی به‌وسیله یک پشته ارتفاعی تحت تأثیر قرار می‌گیرد. این پشته ضمن حاکمیت پایداری بر روی منطقه با گرمایش بی‌دررو لایه زیرین بردشت و قوام گرما بر روی منطقه می‌افزاید. نقشه تراز ۵۰۰ هکتوپاسکال این شرایط را نشان می‌دهد.

### پرفشار مهاجر و کم‌فشار عربستان (نمونه الگوی فرا رفت گرم)

در این الگو نیز مکانیسم عملکرد سامانه‌ها در فرا رفت گرم بر روی منطقه همانند الگوی بالایی است. ولی همان‌طور که دیده می‌شود در این الگو به دلیل تغییر در آرایش سامانه‌ها در لایه میانی جو و گسترش جنوب سوی ناوه اروپایی هوای فرا رفت شده در لایه میانی خنک‌تر بوده است. در صورتی که در الگوی بالایی به دلیل گسترش پشته از روی و اچرخند آفریقا و پایداری و شرایط ترمودینامیکی حاصل از آن دمای هوای در آن الگو گرم‌تر از این الگو بوده است. (شکل ۱۰).

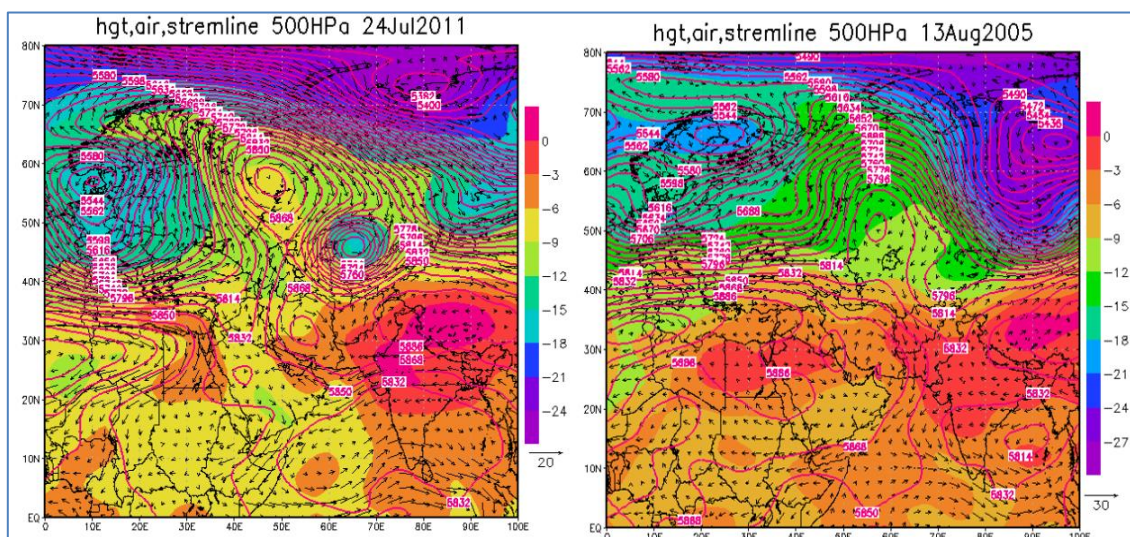




مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۰: فشار تراز دریا و ارتفاع ژئو پتانسیلی، جریان و دما تراز ۸۵۰ هکتوپاسکال الگوی مهاجر- عربستان

آرایش سامانه‌ها در ترازهای میانی جو تفاوت زیادی را نشان نمی‌دهد. صرف‌نظر از این که الگوی همیدی منجر به فرا رفت گرم یا فرا رفت سرد بر روی منطقه باشد. در تراز میانی دو آرایش کلی حاکم بوده است. شکل ۱۱ این دو الگوی حاکم در تراز میانی را نشان می‌دهد. در یک الگو پشته عمیقی از جنوب ایران تا شمال دریای مازندران را در برگرفته و جریان‌ها را بر تمام پهنه ایران جنوبی کرده و در فرا رفت گرم عرض‌های جنوبی بر روی منطقه تشدید می‌نماید و در انطباق با جریان‌های تراز زیرین بر افزایش دما بر روی منطقه کمک می‌نماید. ولی در الگوی دوم ناوه عمیقی بر روی مدیترانه شرقی تا نیمه غربی ایران گسترش می‌یابد. این ناوه ارتفاعی در امتداد جریان‌های سرد شمالی تراز زیرین در گسترش سرما و هوای خنک بر روی منطقه مطالعاتی مؤثر بوده است.



مأخذ: نگارندگان

شکل ۱۱: آرایش کلی الگوی جو میانی نمونه روزهای ۱۲ آگوست ۲۰۰۵ و ۲۴ جولای ۲۰۱۱

## نتیجه گیری

در این پژوهش جهت شناسایی و تحلیل تأثیر تغییرات اقلیم بر ناهنجاری‌های دمایی شمال غرب و غرب کشور ابتدا داده‌های ۳۱ ایستگاه همدید از سایت مرکز هواشناسی اخذ گردید و سپس داده‌ها برای دوره آماری ۱۹۸۹ تا ۲۰۱۸ مرتب شده‌اند. پس از جمع‌آوری داده‌های دمای حداکثر و حداقل‌های روزانه، به بازسازی داده‌های ناقص پرداخته شد. هدف مطالعه حاضر بررسی ناهنجاری‌ها و تغییرات دمایی در دوره گرم سال بود. و با توجه به این که دوره گرم سال در قسمت‌های مختلف کشور مفهوم متفاوتی دارد، ابتدا اقدام به تعیین دوره گرم سال کردیم. دوره گرم سال در این منطقه شامل ماه‌های جون، جولای، آگوست و سپتامبر می‌باشد. برای آشکارسازی تغییر اقلیم از نرم‌افزار آشکارسازی که توسط (سازمان هواشناسی کشور) ارائه گردیده استفاده شده است. دوره آماری مورد مطالعه به سه دوره آماری ده‌ساله تقسیم‌بندی شده است و تغییرات این سه دوره آماری برای هر چهار ماه دوره گرم محاسبه گردید. با استفاده از شاخص نمره استاندارد Z دامنه بین ۰٫۵+ و ۰٫۵- برای شناسایی ناهنجاری‌های دمایی استفاده شده است.

معیار انتخاب نهایی ناهنجاری‌های ایستگاهی فراوانی بالای ۵۰ درصد در ایستگاه‌های مورد مطالعه بوده است. به طوری که اگر ناهنجاری مربوطه در ۱۵ ایستگاه و بیشتر تکرار شده باشد به‌عنوان روز نماینده انتخاب گردید که در نهایت ۱۳۹ روز در این دوره گرم دارای این ویژگی بودند. در مرحله بعد داده‌های تراز فشار دریا به داده‌های عددی تبدیل گردید و ماتریسی به ابعاد ۱۳۹\*۲۵۳ که ۶ عامل ۹۵٫۲۰ درصد از رفتار اقلیمی ۴ ماه گرم سال را توجیه می‌کند انتخاب شد. در بخش همدیدی دیدیم که عموماً ۵ الگوی کلی تابستان‌های منطقه غرب و شمال غرب ایران را کنترل می‌کنند. یا پدیده توجیه‌کننده ناپهنجاری‌های دوره گرم سال در این مناطق است. در سه الگو از الگوی پنج‌گانه شرایط همدیدی منجر به کاهش دما و خنک شدن هوا در تمام و یا بخش‌هایی از منطقه مطالعاتی می‌شود. همان‌طور که دیدیم در این الگوها واچرخندهای منتقل شده به عرض‌های جنب قطبی در تراز دریا نقش اصلی را در فرا رفت هوای سرد جنب قطبی را به عرض‌های جنوبی و در نهایت بر روی منطقه انجام می‌دهند. در این الگوها دما در منطقه کاهش پیدا کرده و هوا خنک‌تر از شرایط نرمال خواهد شد. در دو الگو از الگوهای فرا رفت سرد چرخند اروپایی در حالت ایزوله شده بین دو سامانه واچرخندی مهاجر و آזור در انتقال هوای سرد قطبی به عرض‌های جنوبی و در نهایت فرا رفت این هوای سرد به وسیله جریانات واچرخندی مهاجر بر روی منطقه مطالعاتی نقش داشته‌اند. در این حالت هوای فرا رفت شده خنک‌تر از الگوی سوم بوده است. در دو الگوی فرا رفت گرم نیز در شرایطی که در لایه میانی جو پشته‌ای از روی واچرخند عربستان یا آفریقا بر روی ایران گسترش پیدا می‌کند افزایش دما بر روی ایستگاه‌های منطقه بیشتر از الگوی دوم فرا رفت گرم می‌باشد. در این حالت دما در منطقه افزایش یافته و در تمام یا بخشی از منطقه دما بالاتر از شرایط معمول قرار می‌گیرد.

در بررسی تغییرات دهه‌ای دما در منطقه مطالعاتی دیدیم که در سه دهه گذشته در بخش شمالی منطقه مطالعاتی یا استان‌های اردبیل و آذربایجان غربی و شرقی و بخش‌هایی از شمال زنجان دما با شیب ملایمی روند افزایشی دارد. بیشترین مقدار افزایش به میزان ۲٫۱ درجه سانتی‌گراد در ماه اوت و در دهه دوم نسبت به دهه اول رخ داده است. ولی در دهه سوم

این افزایش قدری شتاب کمتری پیدا کرده است. ولی در بخش جنوبی با استثنائاتی در برخی ماه‌ها روند کلی روند کاهشی بوده است. این مقدار اگرچه جزئی و اندک بوده است ولی شیب نزولی بوده است. اختلاف دما به‌طور متوسط بین شمال و جنوب منطقه بین ۱۳ تا ۸ درجه سانتی‌گراد بوده است. در دهه دوم نسبت به دهه اول این اختلاف زیادتر بوده ولی در دهه سوم این اختلاف کمتر شده است.

## منابع

- ۱- ابراهیمی، ح،، عزیززاده، ا، و جوانمرد، س. (۱۳۸۴): بررسی وجود تغییرات دما در دشت مشهد به‌عنوان نمایه تغییر اقلیم در منطقه، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، دوره ۲۰، شماره ۴، صص ۱۸-۵.
- ۲- باباییان، ا،، نجفی نیک، ز، زابل عباسی، ف، حبیبی نوخندان، م. ادب، ح، و ملبوسی، ش. (۱۳۸۸): ارزیابی تغییر اقلیم کشور در دوره ۲۰۳۹-۲۰۱۰ میلادی با استفاده از ریزمقیاس نمایی داده‌های مدل گردش عمومی جو ECHOG، فصل‌نامه جغرافیا و توسعه، دوره ۷، شماره ۱۶، صص ۱۵۳-۱۳۵.
- ۳- حیدری، م،، خوش‌اخلاق، ف. (۱۳۹۶): مدل‌سازی ارتباط شاخص‌های پیوند از دور با ناهنجاری‌های دمایی فصل گرم در ایران با استفاده از وایازی چند متغیره. جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۳، شماره ۶، صص ۶۶-۴۷.
- ۴- رحیم زاده، ف،، عسگری، ا. (۱۳۸۳): نگرشی بر تفاوت نرخ افزایش دمای حداقل و حداکثر و کاهش دامنه شبانه‌روزی دما در کشور، فصل‌نامه تحقیقات جغرافیایی، شماره ۷۳، صص ۱۷۱-۱۵۳.
- ۵- شاهکویی، ا،، قانقرمه، ع،، و یوسفی، ر. (۱۳۹۶): بررسی ناهنجاری‌های دمایی دوره سرد سال (محدوده مورد مطالعه: استان مازندران، مجله آمایش جغرافیایی فضا، دوره ۲۳، شماره ۷، صص ۲۲۲-۲۰۷.
- ۶- صداقت، م، و نظری پور، ح. (۱۳۹۷): نگرشی نو در تعیین جو تابستانه ایران، پژوهش‌های اقلیم‌شناسی، شماره ۳۳، صص ۸۸-۷۷.
- ۷- طاووسی، ت،، راحتی، م،، و راحتی، ز. (۱۳۸۹): بررسی تغییرات روند دمای ماهانه شهر زاهدان، چهارمین کنگره بین‌المللی جغرافیدانان جهان اسلام، زاهدان، دانشگاه سیستان و بلوچستان،
- ۸- عزیززی، ق،، شمسی‌پور، ع،، و یاراحمدی، د. (۱۳۸۷): بازیابی تغییر اقلیم در نیمه غربی کشور با استفاده از تحلیل‌های آماری چند متغیره. پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۶۶، صص ۳۵-۱۹.
- ۹- عزیززی، ق. (۱۳۸۳): تغییر اقلیم، انتشارات قومس.
- ۱۰- عزیززی، ق. (۱۳۷۸): بلوکینگ، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۳۶، صص ۵۰-۳۷.
- ۱۱- عزیززی، ق،، میری، م، و رحیمی، م. (۱۳۹۴): شناسایی الگوهای همبندی مؤثر در شکل‌گیری ناهنجاری‌های دمایی ایران و اروپا؛ پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، دوره ۴۷، شماره ۱، صص ۱۰۴-۹۱.
- ۱۲- عساکره، ح،، شاهبایی کوتنایی، ع. (۱۳۹۵): تحلیل همبند الگوهای جوی توأم با موج‌های سرمای زمستانه در ایران. جغرافیای و مخاطرات محیطی، شماره ۲۳، صص ۱۲۴-۱۰۹.
- ۱۳- عسگری، ا،، رحیم زاده، ف،، محمدیان، نوشین، فتاحی، ابراهیم. (۱۳۸۶): تحلیل روند نمایه‌های بارش حدی در ایران، تحقیقات منابع آب ایران، سال ۳، شماره ۳.

- ۱۴- مجرد، ف.، بساطی، س. (۱۳۹۳): واکاوی تغییرات زمانی و مکانی دماهای حداکثر در ایران، برنامه‌ریزی و آمایش فضا، دوره ۱۸ شماره ۲ پیاپی ۸۴، صص ۱۵۱-۱۳۱.
- ۱۵- قلی پور، ج.، ثنائی نژاد، س. ح.، مفیدی، ع.، و علیزاده، ا. (۱۳۹۶): تعیین آغاز فصل تابستان در ایران بر اساس پرش ناگهانی شمال سوی جت جنب حاره بر روی خاورمیانه. جغرافیا و مخاطرات محیطی، دوره ۴، شماره ۵، صص ۷۱-۵۷.
- ۱۶- نوریان، ع.م.، رحیم زاده، ف.، و صداقت کردار. (۱۳۸۷): گرمایش در کشور و تبعات آن بر دیگر پارامترهای اقلیمی در دوره ۲۰۰۵-۱۹۵۱، سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، دانشگاه تبریز.
- ۱۷- هواشناسی. (۲۰۰۳): گزارش ۱۱۸۶ سازمان هواشناسی.

- 18- Burns, D.A., J. Klaus & M.R. Mchale. (2007): Recent Climate Trends And Implications For Water Resources In The Catskill Mountain Region, New York, USA", *Journal Of Hydrology*, Vol. 336, No. 1-2, Pp. 155-170.
- 19- Coumou D, Rahmstorf S. (2012): A Decade Of Weather Extremes. *Nat Clim Chang* 2 (7): Pp. 491-496.
- 20- El Kenawy, A., J.I. López-Moreno & S.M. Vicente-Serrano. (2012): Trend And Variability Of Surface Air Temperature In Northeastern Spain (1920- 2006): Linkage To Atmospheric Circulation", *Atmospheric Research*, Vol.106, Pp. 159- 180.
- 21- Founda, D. Et Al. (2004): Analysis Of Mean, Maximum, And Minimum Temperature In Athens From 1897 To 2001 With Emphasis On The Last Decade: Trends, Warm Events, And Cold Events", *Global And Planetary Change*, Vol. 44, Issues 1- 4, Pp. 27- 38.
- 22- Hu, L., Huang, G. 2020. The Changes Of High-Temperature Extremes And Their Links With Atmospheric Circulation Over The Northern Hemisphere. *Theor Appl Climatol* 139, 261-274. <https://doi.org/10.1007/S00704-019-02970-1>.
- 23- Marengo, J.A., Camargo, C.C., (2008): Surface Air Temperature Trends In Southern Brazil For 1960-2002, *Int, Journal Of Climatol*, 28:893-904.
- 24- Moller, J. (2008): *Handbook Of Spatial Statistics*, John Wiley And Sons, Chichester: 32 P.
- 25- Peng S.B., Huang J.L., Sheehy J.E., Laza R.C., Visperas R.M, Zhong X.H, ... Cassman K. G. (2004): Rice Yields Decline With Higher Night Temperature From Global Warming. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 101(27), 9971-9975.
- 26- Sonali, P. & D. Nagesh Kumar. (2013): Review Of Trend Detection Methods And Their Application To Detect Temperature Changes In India", *Journal Of Hydrology*, Vol. 476, Pp. 212- 227.
- 27- Susskind, J., G.A. Schmidt, J.N. Lee, And L. Iredell. (2019): Recent Global Warming As Confirmed By AIRS. *Environ. Res. Lett.*, 14, No. 4, 044030, Doi:10.1088/1748-9326/Aafd4e.
- 28- Valor E., Meneu V., Caselles V. (2001): Daily Air Temperature And Electricity Load In Spain. *J Appl Meteorol* 40(8):1413-1421.
- 29- Zhao Y., Sultan B., Vautard R., Braconnot P., Wang HJ., Ducharne A. (2016): Potential Escalation Of Heat-Related Working Costs With Climate And Socioeconomic Changes In China. *Proc Natl Acad Sci U S A* 113(17): 4640-4645.